RECHERCHES SUR LA DIVISION DU NOYAU CELLULAIRE CHEZ LES VÉGÉTAUX (4e Note) (1); par M. Charles DEGAGNY.

PREMIÈRE PARTIE : JUSQU'A LA DISPARITION DE LA MEMBRANE NUCLÉAIRE.

B, CHEZ LES SPIROGYRA.

(Spirogyra nitida).

Nous allons retrouver, chez le *Spirogyra nitida*, un quatrième exemple des transformations qui s'accomplissent dans le noyau avant la disparition de la membrane, et préparent cette disparition.

Chez le *Spirogyra nitida*, le noyau vivant semble formé aussi d'un caryoplasma homogène, qui contient un nucléole très réfringent placé au centre. Quand on suit les phénomènes de la division dans une chambre humide, on voit le noyau grossir et le nucléole devenir moins distinct par moments. Mais il devient souvent assez visible pour que l'on puisse retrouver les mêmes faits que nous avons vus sur le *Sp. crassa* et sur le *Sp. setiformis*. Les préparations et les dessins qui accompagnent cette Note montreront ce que l'on peut voir à l'état vivant; car l'aspect général du noyau, les diverses transformations du nucléole sont bien conservés ; et l'on peut arriver à se faire une idée exacte de ce qu'était le noyau vivant, au moment où l'Algue a été atteinte par le liquide fixateur.

Nous examinerons ici rapidement les phases que nous avons étudiées chez le Lis blanc, le *Spirogyra crassa* et le *Spirogyra setiformis;* ce qui nous permettra d'aborder l'étude des phénomènes qui suivent la disparition de la membrane nucléaire jusqu'à la formation de la plaque chez les mêmes plantes.

Chez le *Spirogyra nitida*, lorsque le noyau commence à gonfler, à devenir sphérique, à l'état vivant, on voit peu de caryoplasma en dehors de la membrane nucléaire. Sur le noyau fixé à cette époque,

(1) Voy. le Bulletin, t. XLII (1895), p. 635.

en voyant combien il en existe peu, on ne peut guère supposer que l'interposition d'une quantité à peine perceptible de protoplasma entre la membrane nucléaire et les cordons, pourrait occasionner, comme l'a pensé M. Meunier, l'expansion et l'arrondissement du noyau. Nous avons vu d'ailleurs chez le *Spirogyra crassa*, si intéressant à étudier, que le noyau se gonfle, qu'il s'arrondit sans qu'il y ait la moindre trace de protoplasma entre les cordons et la membrane nucléaire. Chez le *Spirogyra crassa*, le protoplasma qui afflue, à un moment donné, du côté des grandes faces tournées vers les cloisons provient visiblement de l'intérieur du noyau qui se dégonfle d'une façon très nette, et au lieu de produire l'expansion, l'arrondissement du noyau, particulièrement des grandes faces auxquelles il est juxtaposé, on peut voir qu'il produit un phénomène inverse. Les grandes faces, qui étaient devenues convexes, se dépriment ; le noyau prend la forme d'une lentille fortement biconcave, tout simplement parce qu'il se vide. Chez les *Spirogyra setiformis* et *nitida*, le noyau fixé dans la cellule d'une façon différente, n'ayant pas deux grandes parties de sa surface dépourvues de cordons suspenseurs, se déprime aussi ; il se dégonfle à un moment donné, quand il a produit sur ses flancs les appendices nécessaires à son expansion dans la cellule, à l'expansion, à l'abri du suc cellulaire, des matières que le filament fabrique avant de se diviser. La dépression du noyau, dans ces derniers cas, prend un tout autre aspect. Cependant nous arriverons à la constater et à reconnaître, par cela même, une marche identique dans les phénomènes qui se succèdent chez les diverses plantes examinées. Quand le noyau a pris une certaine grosseur, qu'il s'est empli de granulations, il s'en amasse en dehors du noyau. Comme chez le *Spirogyra setiformis*, on voit sur le noyau vivant du *Spirogyra nitida*, à cette période, et dès le début du gonflement du noyau, les mouvements du filament, ou plutôt des bâtonnets qui sont visibles ici sur le noyau fixé et proviennent de la segmentation du filament.

On voit aussi les mouvements des fragments plus ou moins volumineux du nucléole. Sur le noyau fixé on constate, comme chez le *Spirogyra setiformis*, que les particules nucléolaires présentent encore cette homogénéité, cet équilibre de réfringence, comme l'appelle M. Meunier, que possédait le nucléole avant sa fragmentation, c'est-à-dire avant qu'il ait commencé à enduire les parties

de filament qui étaient précédemment en dehors de lui dans la cavité nucléaire. Les fragments de nucléole sont nettement colorés en rouge par le mélange de fuchsine et de vert de méthyle, tandis que les fragments de filament et les parties de filament qui ne sont pas encore fragmentées sont colorés en vert bleuâtre. Il existe donc à ce moment dans le noyau trois éléments distincts : le caryoplasma granuleux, le filament, les fragments de nucléole. Ces derniers ne pouvant être remarqués que quand le filament se met en contact plus complet avec le nucléole, c'est-à-dire avec une substance pâteuse semi-fluide qui peut le revêtir, et le revêt en effet complètement dans certains moments, alors la nucléine se trouve nécessairement séparée, non seulement du suc nucléaire, mais du milieu extérieur à la plante, par l'intermédiaire de ce dernier, d'une façon plus complète.

Chez le *Spirogyra nitida*, les mouvements des bâtonnets et des particules nucléolaires sont très faciles à voir sur le noyau vivant, et les traces en sont suffisamment conservées sur les noyaux bien fixés, comme on peut s'en convaincre en examinant les préparations ci-jointes, bâtonnets et morceaux de nucléole ayant conservé les places qu'ils occupaient quand le liquide fixateur a agi sur l'Algue. On peut se convaincre aussi, dans l'exemple actuel, que les réactions de la nucléine sont bien antérieures aux modifications, et par conséquent aux réactions que l'on remarque ensuite sur le caryoplasma granuleux et qui suivent la même marche que chez le Lis blanc, le *Spirogyra crassa* et le *Sp. setiformis*. En effet, comme dans ces derniers cas, on voit, sur le *Spirogyra nitida*, le noyau grossir, en s'emplissant progressivement de protoplasma granuleux; celui-ci augmentant visiblement en quantité pendant que les particules nucléolaires et les tronçons de filament s'agitent de plus en plus. Puis arrive la disparition progressive des granulations et la dissolution de plus en plus complète des faces polaires de la membrane nucléaire séparées à un certain moment, comme chez le *Spirogyra crassa*, du suc cellulaire, du milieu extérieur, par les matières invaginées du noyau dans la cellule à travers la membrane nucléaire; de telle sorte que le noyau, après avoir préparé dans son intérieur, derrière sa membrane, les matériaux qui doivent coopérer à sa segmentation, et après les avoir préparés dans des conditions spéciales d'isolement, peut les introduire lentement dans la cellule, dans les mêmes conditions

d'isolement. Nous assistons donc toujours à un phénomène qui a commencé dans le filament, qui s'étend au protoplasma granuleux nucléaire, à la membrane nucléaire, et de là à la cellule, et non à un phénomène qui se trouverait sous la dépendance d'une cause extérieure au noyau. Ce phénomène, qui se propage ainsi de l'intérieur à l'extérieur, qui va de la nucléine à la linine, au caryoplasma granuleux, à la membrane du noyau, à la cellule, mais à la cellule quand le noyau s'y est introduit, qu'il y a préparé les mêmes conditions de milieu, ce phénomène se révèle, à l'extérieur, à une observation attentive, par des effets parfaitement constatables. Depuis la nucléine jusqu'à la membrane, jusqu'aux appendices créés dans la cellule, en dehors du noyau, toutes les matières plasmiques qui ont une forme figurée, sont ramollies, dissoutes, c'est-à-dire soumises à des hydratations graduelles. De plus, quand le terme de ces hydratations arrive, au moment où la membrane nucléaire, suffisamment modifiée par le caryoplasma, laisse pénétrer plus abondamment le suc cellulaire jusqu'au filament, alors un effet inverse se produit, que nous allons étudier, et qui a complètement échappé à l'attention des observateurs comme les modifications du caryoplasma.

DEUXIÈME PARTIE : SUR LES PHÉNOMÈNES QUI SUIVENT LA DISPARITION DE LA MEMBRANE NUCLÉAIRE.

A, CHEZ LES SPIROGYRA.

1° SPIROGYRA SETIFORMIS. — Nous allons observer, d'abord sur le *Spirogyra setiformis*, le phénomène si important qui résulte de la disparition de la membrane du noyau. En effet, chez cette plante, ce phénomène est d'une intensité remarquable et, quand on le connaît, quand on s'en est rendu compte sur une série de noyaux bien fixés, on peut le voir se réaliser progressivement sur le noyau vivant, en observant un bout du *Spirogyra* enfermé dans une chambre humide; tous les observateurs pourront le vérifier, la culture et l'observation des *Spirogyra*, et particulièrement du *Spirogyra setiformis*, étant très faciles. Sur des bouts de *Spirogyra* coupés depuis quelques jours la division du noyau se fait encore et successivement, en quelques heures dans les cellules contiguës. Quand on a pris le soin de placer sur une lame porte-objets une

vingtaine de bouts de *Spirogyra setiformis* coupés à un centimètre de longueur, on peut voir des bouts où la division se fait sur plusieurs noyaux. On place ces bouts, saisis avec une pince fine, dans une chambre humide de Hansen, et on arrive à suivre toutes les phases de la division.

Prenons un bout de *Spirogyra setiformis* qui a été observé dans ces conditions et fixé comme je l'ai déjà indiqué; nous trouvons des noyaux à plusieurs phases de la division, et des noyaux qui s'y préparent. Examinons un de ces derniers, dont il a été question déjà dans la troisième Note, mais examinons-le ici d'une façon un peu plus complète. Nous voyons que le noyau, après avoir augmenté de volume, s'est garni, sur les faces polaires, en regard des cloisons, de deux longs appendices formés par des masses protoplasmiques qui se sont progressivement étendues dans une direction parallèle au grand axe cellulaire. Est-ce du caryoplasma qui est sorti du noyau, comme nous l'avons vu chez le *Spirogyra crassa?* Il est évident que, dans ce dernier cas, le noyau produit du caryoplasma qui devient à un moment donné dialysable à travers la membrane nucléaire; qu'il traverse celle-ci, et qu'au fur et à mesure qu'il sort, le noyau se vide. Or le noyau, ayant deux grandes surfaces de sa membrane qui ne sont pas maintenues par les cordons, se déprime et il prend la forme d'une lentille fortement biconcave. Alors on a la preuve directe, tangible, que le noyau s'est vidé de ce qu'il contenait; que c'est bien le caryoplasma, et le caryoplasma dissous, modifié, qui est devenu dialysable, qui a dissous et modifié, et qui continuera à dissoudre et à modifier davantage la membrane nucléaire. En est-il de même dans le cas actuel, chez le *Spirogyra setiformis?* Est-ce bien le caryoplasma qui a formé deux longs appendices latéraux au milieu desquels nous apercevons le noyau? En un mot, le caryoplasma ne deviendrait-il dialysable, ne traverserait-il la membrane nucléaire que dans le seul cas du *Spirogyra crassa?* Comme nous pourrons en juger plus complètement encore dans la suite de ces Notes, le transport du caryoplasma du noyau dans la cellule, à travers la membrane nucléaire, est un fait général qui se réalise dans toutes les cellules à noyau. Ce transport est mis en évidence chez le *Spirogyra crassa* par une particularité anatomique du noyau de cette plante, et dont on peut se rendre compte. Mais ce n'est point parce que les deux grandes faces peuvent s'affaisser davantage, se déprimer plus com-

plètement chez le *Spirogyra crassa*, que le caryoplasma sort à travers la membrane nucléaire. Il en sort parce qu'il a été modifié, dissous, qu'il modifie et qu'il dissout ensuite la membrane nucléaire. Or, le caryosplasma, nous l'avons vu chez le Lis blanc, est modifié, et modifie ensuite la membrane; on peut le voir chez tous les Lis, chez la Fritillaire. Nous allons constater d'ailleurs ce que deviennent, au moment de la disparition de la membrane nucléaire, ces deux longues masses protoplasmiques qui s'étendent, en dehors du noyau, vers les pôles de la figure de division. A l'état vivant, la partie extrême est très diaphane, à peine visible, et s'étend beaucoup plus loin que sur le noyau fixé, où, comme on peut s'en convaincre, elle possède des dimensions considérables, chaque appendice polaire étant plus volumineux que le noyau. Nous l'avons vu précédemment sur le *Spirogyra setiformis;* nous venons de le voir, dans cette quatrième Note, pour le *Spirogyra nitida*, le noyau arrivé à ces dimensions, quelquefois à de plus grandes, quand les matières caryoplasmiques qui sortent et traversent les appendices polaires, remaniées dans le noyau avant que la membrane disparaisse, ont acquis une grande homogénéité, vont former aux extrémités polaires, de grosses vacuoles; alors le noyau, à bien considérer les choses, s'est étendu dans la cellule, il s'est invaginé dans le suc cellulaire. Le noyau primitif a poussé son caryoplasma dans la cellule; il a formé un premier compartiment, puis un second, souvent un troisième, sous forme de grande vacuole. Quand il s'est ainsi étendu, il détruit progressivement sa membrane, mais toujours de telle façon que ce qui est devenu noyau, d'un pôle à l'autre, soit abrité plus complètement du côté de la membrane cellulaire. Alors la membrane nucléaire commence à disparaître; elle disparaît plus complètement et ici, sur le *Spirogyra setiformis*, d'une façon à peu près entière; elle n'est plus distincte dans aucune de ses parties. Alors que se passe-t-il? Comparons les deux noyaux avant, et après la disparition de la membrane, *en quelques secondes*, de sorte qu'on le voit, comme on voit l'éloignement des noyaux filles, d'un pôle à l'autre le noyau se raccourcit de moitié; on voit les pôles, c'est-à-dire les parties où se trouvent les attaches des cordons suspenseurs, du côté des cloisons, attaches qui ont été repoussées par le caryoplasma expulsé du noyau, on voit ces pôles se rapprocher. Toutes les matières protoplasmiques comprises d'un pôle à l'autre se contractent,

aussitôt que, par la disparition plus complète de la membrane, le filament augmente ses rapports avec le milieu extérieur, avec l'air, avec l'oxygène. Il devient donc évident que toutes les matières protoplasmiques placées entre les pôles se contractent de la même quantité, après avoir été dilatées, après avoir été rendues diffluentes par la même cause; et que toutes sont du caryoplasma modifié successivement par le filament à l'intérieur du noyau; que toutes ensemble perdent cette diffluence quand le filament cesse d'être placé dans les mêmes conditions, qu'il ne possède plus la même activité, qu'il devient lui-même moins diffluent. Alors on le voit se contracter en même temps que le caryoplasma qui l'environne. Celui-ci produit à la surface du peloton, de la plaque nucléaire formée par le tassement des bâtonnets qu'il imprègne de tous côtés, des lignes visibles qui ont fait dire aux auteurs que les fils achromatiques traversent à ce moment-là la plaque nucléaire. Les fils se forment par la condensation progressive des matières pâteuses, puis solides, qui se condensent entre les pôles, qui tirent à un moment donné sur ceux-ci, puis par l'intermédiaire des pôles sur les cordons suspenseurs. En réalité, cordons suspenseurs, fils achromatiques, tirent les uns sur les autres; mais ils tirent seulement à certain moment, à l'instant où le filament cesse, momentanément, de les faire diffluer, allonger; cesse de produire, dans les uns et dans les autres, les hydratations qui ont commencé, pour les cordons suspenseurs, même avant la disparition de la membrane nucléaire.

Donc, nous venons de voir chez le *Spirogyra setiformis* un phénomène non observé, non décrit jusqu'ici. Quand le noyau cesse d'être protégé par sa membrane, que l'oxygène arrive plus facilement jusqu'au filament, les pôles se rapprochent. Ils se rapprochent, non point parce qu'une force mystérieuse, hypothétique, les ferait agir déjà l'un sur l'autre, avant qu'ils agissent sur la plaque nucléaire, mais parce que les matières protoplasmiques qui sont comprises entre eux, que le noyau y a poussées, se contractent, perdent leur diffluence acquise dans le noyau. *La force qui agit sur les pôles n'existe pas aux pôles eux-mêmes; elle existe dans les fils achromatiques, dans le caryoplasma, ou plutôt dans la partie du caryoplasma que le filament a dissoute, remaniée avant la disparition de la membrane.* Cette force qui par l'intermédiaire de chaque fil agit sur les pôles, *c'est la cohésion, la cohésion de la*

matière plasmique dont les fils sont formés, que le filament a dissoute, quand il a dissous les granulations du caryoplasma; qu'il modifie ensuite à chaque instant, d'une façon incessante, suivant les degrés et les variations de son activité; qu'il fait par conséquent allonger ou contracter, en agissant sur eux par l'intermédiaire des parties du caryoplasma restées liquides qui les baignent et au milieu desquelles il se trouve lui-même placé.

Ce qui est vrai pour le *Spirogyra setiformis*, ce qui est parfaitement constatable à chaque fois que son noyau se divise, ce qui se réalise à chaque fois que la membrane nucléaire disparaît, se réalise dans les mêmes conditions, au moment de la disparition de la membrane nucléaire dans tous les noyaux en division. Dans tous, les matières protoplasmiques situées entre les pôles, formés alors chez les *Spirogyra*, se contractent, se raccourcissent, ramènent les pôles l'un sur l'autre, en tirant sur eux; et pour une unique raison, c'est que toutes ces matières protoplasmiques ont la même origine. Elles sont constituées par le caryoplasma, en partie expulsé avant la dissolution complète de la membrane, en partie resté dans le noyau; ces deux parties se contractant d'une façon égale, formant des fils, *ininterrompus pendant un moment*, sur toute la longueur, entre les pôles, qnand la membrane nucléaire cesse d'exister.

Il était nécessaire d'insister sur ce phénomène *du rapprochement des pôles*, qui se réalise aussi, mais lentement, d'une façon à peine perceptible, *chez le Lis blanc, chez tous les Lis, et ailleurs*, que l'on n'a pas remarqué et que je montrerai. La contraction du fuseau, dans ces derniers cas, explique non seulement la formation de ce fuseau et son redressement, mais aussi la formation et la raison d'être des *deux asters, des amphiasters comme on les appelle, irradiés autour des corps auxquels on a donné le nom de sphères directrices*. Ni les rayons des asters, ni le centre de ces asters, ne sont des corps actifs, pas plus que les fils achromatiques qui réunissent les pôles. Nous verrons *que les asters avec leurs centres* ne font que remplacer les *cordons suspenseurs chez les* Spirogyra. *Tel est leur équivalent morphologique*. Ils assujettissent les extrémités du fuseau au sein du cytoplasma, au sein du réseau délicat qui traverse celui-ci, comme les cordons suspenseurs assujettissent les matières polaires chez les *Spirogyra*, en leur imprimant ainsi qu'aux fils une physionomie toute spéciale. Les

fils dans ce cas dernier ne tirent plus sur deux points fixes, les pôles *étant formés chez les Spirogyra par les extrémités des attaches des cordons qui ne convergent pas au même point, mais qui aboutissent à toute une partie de la surface du noyau transportée à un certain moment au pôle du même côté; les fils sont parallèles, ils tirent sur le cordon suspenseur le plus rapproché*, comme nous le verrons plus complètement en examinant la séparation des moitiés de plaque chez les *Spirogyra*.

La constatation du rapprochement des pôles de la figure de division a donc une grande portée; tout aussi grande que la constatation de la disparition *du caryoplasma granuleux chez le Lis et chez les Spirogyra* avant la disparition de la membrane nucléaire. C'est la contre-partie des diffluences, des dissolutions, et la preuve des profonds remaniements exercés par le filament, quand ce filament est séparé davantage du milieu extérieur. Alors il agit plus énergiquement sur les matières caryoplasmiques, à l'abri du suc cellulaire, et en dehors de toute intervention extérieure au noyau. C'est aussi la preuve de l'influence contraire exercée sur les mêmes matières, quand le filament augmente ses rapports avec l'extérieur, et que les combustions se réalisent plus facilement à son intérieur, au sein de la nucléine.

Cette constatation du rapprochement des pôles n'a pas été faite par les auteurs qui ont étudié la division chez les *Spirogyra*. Comparons les dessins que j'ai reproduits de M. Meunier, qui représentent le noyau avant et après la disparition de la membrane du noyau. Nous remarquons que la distance, entre les pôles de ses figures, ne varie pas. Ni cet observateur, ni les observateurs allemands (M. Strasburger, *Recherches sur la formation des cellules*) n'ont remarqué *la contraction des matières polaires, pas plus que les modifications antérieures du caryoplasma granuleux*.

2° SPIROGYRA NITIDA. — Il suffira de comparer les figures qui représentent les noyaux que j'ai dessinés à la chambre claire, avec leurs dimensions exactes, à cette phase, pour se convaincre du rapprochement des pôles: en considérant le noyau, avec les appendices polaires, avant la disparition de la membrane, pendant cette disparition, et quand les pôles sont rapprochés, les fils contractés,

faisant alors rapprocher les bâtonnets, les faisant tasser dans le même sens sous forme de plaque nucléaire.

3° Spirogyra crassa. — Dans ma deuxième Note, j'ai indiqué le même phénomène, qui est moins apparent : les matières polaires s'étendant moins loin dans la cellule. Cependant, en comparant les figures qui accompagnent ma deuxième Note et qui représentent des noyaux que l'on pourra retrouver dans les préparations annexées au même travail, il sera facile de constater la contraction lente, progressive, des matières situées entre les cordons suspenseurs.

Nous verrons plus tard que, quand la plaque nucléaire se divise, que les moitiés de noyau s'éloignent, chez le *Spirogyra nitida*, chez le *Spirogyra setiformis*, chez le *Spirogyra crassa*, les mêmes faits se reproduisent, les mêmes causes apparaissent, produisant des effets identiques, en concourant à la division. Les fils qui continuent à se contracter entre les cordons suspenseurs, à un certain moment continuent à le faire d'un côté des moitiés de plaque, en se ramollissant de l'autre côté de la même moitié de plaque, du côté où les demi-noyaux conservent le plus d'activité, protégés par les espaces clos, en forme de tonneau, qui se forment entre eux. Ce qui veut dire que, sur leurs faces internes, les moitiés de plaque fonctionnent comme le filament fonctionnait quand le noyau, se préparant à se diviser, a commencé à grossir.

M. Cornu prie M. Prillieux de le remplacer au fauteuil et fait à la Société la communication suivante :

NOTE SUR UN GENRE NOUVEAU DE PONTÉDÉRIACÉES D'AFRIQUE : *SCHŒNLANDIA* (*SCH. GABONENSIS* Cornu); par **M. Max. CORNU**.

En 1887, je reçus de M. Pierre, jardinier chef du Jardin d'Essai à Libreville (Gabon), un certain nombre de *tubercules* sans autre indication que celle-ci : « Plante acaule; toutes les parties sont » employées par les Noirs pour guérir les boutons qui se forment » sur le corps. »

Elle fut cultivée comme les plantes tuberculeuses et fleurit au mois de mai 1888, dans la serre chaude.

Je crus reconnaître une Pontédériacée qui me parut rentrer